

ПАРАДИГМЫ «ИНДУСТРИИ 4.0» В ЛИСТОШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Представлены парадигмы «Индустрии 4.0», выявлены трудно формализуемые задачи, стоящие перед технологом листоштамповочного производства, предложен вариант решения задач комплексным подходом при помощи нейронных сетей.

Ключевые слова: «Индустрия 4.0», листоштамповочное производство, нейронные сети.

THE PARADIGMS OF "INDUSTRY 4.0" IN METAL SHEET STAMPING INDUSTRY. NEURAL NETWORKS

The paradigms of "Industry 4.0" are presented, difficult-to-formalize tasks facing metal sheet stamping industry technologists are revealed, a variant of solving problems by a complex approach using neural networks is proposed.

Keywords: "Industry 4.0", metal sheet stamping industry, neural networks.

В феврале 2017 года правительство Российской Федерации утвердило первую «дорожную карту» по развитию Национальной технологической инициативы (НТИ) — «Передовые производственные технологии» — «Технет». Было положено начало к переходу на новый виток развития промышленности — «Индустрию 4.0» [1].

8 ноября 2019 года шесть крупных российских компаний: «Яндекс», Mail.ru, «Газпром нефть», РФПИ, МТС и Сбербанк объявили о создании альянса по развитию искусственного интеллекта в России [2].

Саму идею нового вида промышленности сформулировал в 2016 году президент Всемирного экономического форума в Давосе Клаус Шваб.

Суть «Индустрии 4.0», по его мнению, состоит в ускоренной интеграции киберфизических систем в заводские процессы, в результате чего значительная часть производства будет проходить без участия человека [3].

«Индустрия 4.0» охватывает всевозможные направления и технологии:

1. Аддитивные технологии.
2. Моделирование и визуализация.
3. Интеграция систем.
4. Интернет вещей.
5. Кибербезопасность.
6. Облачные сервисы.
7. Дополненная реальность.
8. Виртуальная реальность.

9. Автономные роботы, роботизация.
10. Планирование и анализ онлайн.
11. Искусственный интеллект.
12. Энергоэффективные технологии.
13. Альтернативная энергетика.
14. Большие данные и аналитика.
15. Дистанционное обслуживание.

В машиностроении искусственный интеллект может помочь технологу во время технологической подготовки производства.

Производственные задачи, решаемые технологами:

- 1) улучшение технологичности детали, сборки;
- 2) процесс определения путей следования детали на производстве среди цехов (расцеховка) и оборудования внутри цеха;
- 3) выбор способа обработки, рабочих частей оснастки, определение технологических баз и операционных усилий.

Работа технолога, как и любого другого инженера, является по большому счету творческой, а справочники, стандарты и опыт помогают идти в верном направлении — повышение качества продукции, роста скорости выпуска деталей, снижение расхода материала и уменьшение брака на производстве.

Сегодня системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) работают в режиме диалога, избавляя от рутинного заполнения маршрутных карт и дополнительно

поддерживая справочными данными. В данных системах загружены базы данных по оборудованию и оснастке предприятия, измерительный и контрольный инструмент и приспособления, справочные сведения и оперативные данные о предприятии. Все это в сумме позволяет повысить эффективность работы специалиста и снизить количество ошибок в технологическом процессе, но в то же время препятствует проектированию «идеальных» технологий ввиду большого влияния такого человеческого фактора, как опыт.

Основная проблема листоштамповочного производства заключается в необходимости изготовления на каждый типоразмер деталей своей уникальной оснастки, проектирование которой занимает немало времени, а человеческий фактор до сих пор оказывает большое влияние. Все это ставит вопрос об изменении концепции проектирования — от ручного и полуавтоматического к автоматизированному проектированию со сроками, позволяющими подготовить производство за считанные недели вместо нескольких месяцев.

Для опытного производства некоторые из операций можно заменить аналогичными, например: вырубка в штампе заменяется на механическую обработку, лазерную, плазменную, электроэрозионную и другие виды резок. Вытяжка в некоторых случаях может быть заменена на ротационную вытяжку или на вытяжку на мембранном прессе, которые требуют гораздо менее сложную оснастку, и являются дешевыми как по стоимости оснастки, так и по стоимости самого процесса, гнутые детали можно изготовить в универсальной оснастке на листогибочных прессах, при малой технологичности детали ее можно изготовить по частям и сварить. Формовку рифтов, мелкую вытяжку и прочие виды сложных операций сложно заменить простой оснасткой.

Для серийного производства нет ничего дешевого, по стоимости операции, чем вырубка и формовка деталей в штампах. Поэтому необходимо после опытных работ в срочном порядке подготовить производство для быстрого набора оборотов и выпуска серии.

Любое производство начинается с чертежа, конструктору приходится постоянно обращаться к технологу на предмет согласования чертежей, что отнимает драгоценное время и отодвигает выпуск изделия. Во время процесса согласования подбирается имеющаяся оснастка, в которой можно получить согласовываемую деталь, это позволит сократить сроки подготовки производства и стои-

мость конечной детали либо назначается оснастка и устанавливаются сроки ее проектирования.

В связи с этим необходимо автоматизировать следующие процессы по подготовке листоштамповочного производства:

1. Согласование конструкторской документации.
2. Подбор имеющейся оснастки от аналогичных деталей.
3. Проектирование технологических переходов.
4. Проектирование недостающей оснастки на технологические переходы, включая вывод комплекта чертежей и трехмерные модели.
5. Разработка комплекта документов на технологический процесс листовой штамповки согласно всем требованиям нормативных документов (ГОСТ, ОСТ, технические условия на изделие и прочих стандартов).

Причем данные шаги необходимо выполнять в совокупности, то есть на начальном этапе согласования конструкторской документации необходимо представить процесс изготовления детали, зная возможности оборудования, проверить на выполнимость все размеры, назначить технологические припуски и необходимую оснастку, проработать маршрут изготовления детали.

Все перечисленные процессы являются трудно формализуемыми и сложно представить алгоритм, которые сможет выполнять данные действия корректно в широком диапазоне задач. С появлением машинного обучения, в частности нейронных сетей, появилась возможность «записать» весь опыт в сеть и достаточно сильно сократить время согласования документации и отладки новых технологий.

Для «записи» опыта в машину необходимо сформировать логические зависимости между параметрами: формой и размерами детали, получающейся после данной операции, материалом детали и формой рабочих частей штампа в виде целевой функции:

$$F(y) = F(y_1, y_2, \dots, y_n),$$

где y_1, y_2, \dots, y_n — параметры.

Это длительный процесс, требующий большого объема готовых решений для изготовления различных типов деталей. Данные необходимо последовательно загрузить в программу для создания необходимых связей между нейронами сети, то есть обучить сеть на основе обучающей выборки. Для каждого типа задач необходимо создать и обучить свою нейронную сеть. Обучающую выборку можно попытаться сформировать

искусственным образом — сгенерировать разные параметры для деталей одного типа и параметры оснастки для их изготовления соблюдая все правила и зависимости. Данную операцию можно произвести при помощи параметризации в любом CAD редакторе, с возможностью объемного проектирования.

Для ускорения обучения сети необходимо применить генеративно-сопоставительный алгоритм. Это алгоритм машинного обучения без учителя. Работа алгоритма складывается из работы двух нейронных сетей, одна из которых выступает в роли генератора вариантов, полученных после обучения на обучающей выборке, а вторая сеть сравнивает получившийся результат с неким шаблоном и пытается найти несоответствия и при наличии расхождений вносит корректировки в работу первой сети.

Программа должна уметь оценивать предложенный чертеж на предмет технологичности и возможности изготовления на имеющемся оборудовании:

1. Возможность выполнения наружных и внутренних контуров детали.
2. Возможность выполнения радиусов гибки и вытяжки детали исходя из характеристик заложеного в чертеж материала.
3. Расчет заготовки детали и расположения ее на листе, если заготовка больше листа, то ввод требования изготовления из частей.

Список литературы

1. Национальная технологическая инициатива НТИ. — URL: <http://www.tadviser.ru/a/329528> (дата обращения: 09.11.2019).
2. Греф объявил о создании альянса по развитию искусственного интеллекта. — URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4151019> (дата обращения: 09.11.2019).
3. Байден в Давосе предупредил человечество об угрозе потерять душу. — URL: <https://clck.ru/Js9ui> (дата обращения: 09.11.2019).
4. САПР перешагнет через искусственный интеллект. — URL: <https://sapr.ru/article/25048> (дата обращения: 09.11.2019).

4. Ввод технологических отверстий в местах гибки.

5. Проверка на возможность изготовления детали в универсальной оснастке.

6. Подбор имеющейся оснастки для изготовления предложенной детали, генерация предложений по изменению детали, а при отказе генерация уникальной.

7. Генерация предложений по увеличению технологичности детали.

8. Расчет и отображение стоимости детали и сроков ее изготовления.

9. Расчет операционных усилий и подбор необходимого оборудования исходя из загрузки и технологических требований.

Все это означает, что в идеале нейронная сеть в будущем может взять на себя работу технолога, нормировщика и конструктора оснастки, а взамен должны будут появиться технологи-программисты, которые будут следить за работой сети и вносить корректировки в ее работу. В своем докладе в рамках Autodesk University Russia в 2015 году Анатолий Левенчук, президент TechInvestLab и директор по исследованиям русского отделения INCOSE, выразил уверенность в том, что в первую очередь новая индустриализация затронет специалистов «узких» областей, так как узкую область проще автоматизировать [4], постепенно автоматизируются все процессы на предприятии и появится много новых специальностей для обслуживания их.